

長崎県における酸性雨調査(2002年度)

山口 顕徳 ・ 森 淳子

Acidity and Ion Concentrations in Rain Water (2002)

Akinori YAMAGUCHI and Atsuko MORI

Key words: acid rain, pH, non sea salt sulfate

キーワード: 酸性雨, pH, 非海塩性硫酸イオン

はじめに

化石燃料の燃焼により大気中に排出された硫黄酸化物や窒素酸化物は直接大気汚染の原因となるばかりでなく、それらの一部は大気中で硫酸および硝酸等の二次生成物質に酸化される。これらの二次生成物質(ガス,エアロゾル)は雨滴生成過程で核として捕捉された後、レインアウトやウォッシュアウト等により降水に取り込まれ、酸性雨の原因となっている。

このような酸性雨問題に対処するため、長崎県においては昭和 58 年から長崎市式見及び旧大村保健所で酸性雨調査を開始した¹⁾⁻⁷⁾。

平成 9 年度からは旧大村保健所の測定点は、諫早市の県央保健所に移動して調査を継続している。

また、環境省の委託を受けて離島の国設対馬酸性雨測定所及び国設五島酸性雨測定所においても酸性雨調査を実施している。

本報告では、長崎県が実施した長崎市式見及び県央保健所における平成 14 年度の調査結果について報告する。

調査地点の概要

県内の酸性雨測定地点を図 1 に示す。各測定地点の概要は以下に示すとおりである。

(1)長崎市式見

長崎市の中心部から北西の郊外に位置し、周囲は山林及び田園地帯であり、測定地点の北東3km及び南東約 4 kmには住宅地が存在する。Na⁺や Cl⁻等の海塩粒子濃度の大きな要因となる海岸までの距離は西方約 1 kmである。

(2)県央保健所

平成10年1月から測定を開始した。諫早市中心部の北方に位置し、調査地点の西側は住宅地が広がっている。東側は12時間交通量が約13,000台である国道34号線を経て田園地帯となっている。



図1 酸性雨測定地点

調査方法

雨水の採取は小笠原計器(株)製 US-400 をベースとして、10 検体の一降雨試料が連続して採取できるように改造した雨水採取器により実施した。

測定項目は貯水量、pH、電気伝導率(EC)、SO₄²⁻、NO₃⁻、Cl⁻、NH₄⁺、Ca²⁺、Mg²⁺、K⁺、Na⁺の11項目であり、測定方法及び検出下限値等は表1に示すとおりである。なお、降水量については、貯水量から計算した。

また、14年度2月における県央保健所のデータについては、採取装置の故障により欠測となった。

調査結果

pH及び各イオン濃度の平均値は、貯水量により重み付けを行って計算した。

(1) pH及び酸性雨出現頻度

pHの出現頻度及び酸性雨出現率を表2に示す。式見における平成14年度の酸性雨出現率は94.3%、県

央保健所では, 93.5%であった。なお, 13 年度は式見で 84.1%, 県央保健所で 82.0%であった。

pHの年平均値は式見 4.73, 県央保健所 4.86 であり, 13 年度とほぼ同様の値であった。

また, 降水を中和する要因となる黄砂については, 13 年度は 12 日間, 14 年度は 9 日間観測されており, 黄砂の当たり年であった 12 年度の 19 日間を下回り, 10 日程度以内の観測日数であった。

なお, 平成 13, 14 年度における黄砂発生日を表 3 に示す。

(2)pHの経月変化

平成 14 年度の pH の月別平均値の経月変化を図 2 に示す。例年平均値は雨の多い夏季に高く, 雨の少ない冬季には低い傾向を示すが, 平成 14 年度はほぼ横ばいの状態で推移していた。

(3)イオン成分濃度

表 4 にイオン成分年平均値を示す。年降水量は式見 1,740mm で県央保健所 1,246mm であった。

イオン成分濃度をみると, 海岸に近い式見においては Cl⁻ 及び Na⁺, SO₄²⁻, Ca²⁺ が県央保健所に比べ高い結果となっている。また, NO₃⁻ は, ほぼ同様の値であった。NH₄⁺ については式見よりも県央保健所のほうが高い値を示した。

式見における 13 年度と 14 年度の値を比較すると, Na⁺, Cl⁻ の濃度が 13 年度に比べ高く, 14 年度の台風接近による海塩由来の影響が示唆された。

次に, Na⁺ のすべてが海塩由来であると仮定し, 海水中の濃度比を用いて nss- SO₄²⁻ 及び nss- Ca²⁺ を計算して SO₄²⁻ 及び Ca²⁺ に占める非海塩性成分の割合を求めると各々, 式見 80%, 76%, 県央保健所 89%, 81% であり, 13 年度に比べ低くなっていた。

表 5 にイオン成分月平均値を示す。表 5 において, 人為的汚染の指標とされる nss- SO₄²⁻ の月変化を図 3 に示す。nss- SO₄²⁻ 濃度は夏季に低く, 冬季に高い傾向がみられ, 13 年, 14 年度においては, 都市部である県央保健所のほうが郊外に位置する式見よりも高い傾向を示した。

(4)イオン成分沈着量

表 6 にイオン成分年沈着量を示す。式見では海塩粒子の影響を受け Cl⁻ が最も多く, 次いで SO₄²⁻, Na⁺ の順であった。県央保健所では, 13 年度同様 SO₄²⁻, Cl⁻, NO₃⁻ の順であった。表 7 に月別のイオン成分沈着量を示す。

表 1 測定方法及び検出下限値

項目	測定方法	検出下限値	定量下限値
pH	ガラス電極法	0.01 (測定限界)	
EC	導電率計による方法	0.01 μs/cm	
SO ₄ ²⁻	イオンクロマトグラフ法	0.017 μg/ml	0.055 μg/ml
NO ₃ ⁻	"	0.010 μg/ml	0.034 μg/ml
Cl ⁻	"	0.003 μg/ml	0.008 μg/ml
NH ₄ ⁺	"	0.015 μg/ml	0.05 μg/ml
Na ⁺	"	0.009 μg/ml	0.03 μg/ml
K ⁺	"	0.006 μg/ml	0.02 μg/ml
Ca ²⁺	"	0.023 μg/ml	0.08 μg/ml
Mg ²⁺	"	0.002 μg/ml	0.005 μg/ml

表 2 pH の出現頻度及び酸性雨出現率

pH階級	式見		県央保健所	
	H13	H14	H13	H14
2.61 ~ 2.99	0	0	0	0
3.00 ~ 3.59	0	0	0	0
3.60 ~ 3.99	3	7	1	1
4.00 ~ 4.59	32	36	12	22
4.60 ~ 4.99	21	17	24	17
5.00 ~ 5.60	13	23	13	18
5.61 ~ 5.99	6	5	8	3
6.00 ~ 6.59	5	0	2	1
6.60 ~ 6.99	2	0	1	0
> 7.00	0	0	0	0
サンプル計	82	88	61	62
酸性雨出現率(%)	84.1	94.3	82.0	93.5
pH < 4.00 (%)	3.7	8.0	1.6	1.6
最低pH	3.65	3.69	3.97	3.70
最高pH	6.89	5.99	6.82	6.08
加重平均pH	4.79	4.73	4.80	4.86

表 3 平成 13・14 年度の黄砂発生日

黄砂発生日	平成13年度	平成14年度
	4月12日	4月1日
4月13日	4月2日	
4月14日	4月3日	
4月15日	4月7日	
5月17日	4月8日	
5月18日	4月12日	
3月6日	4月17日	
3月18日	5月23日	
3月21日	11月12日	
3月22日		
3月23日		
3月31日		
合計	12日間	9日間

長崎海洋気象台調べ

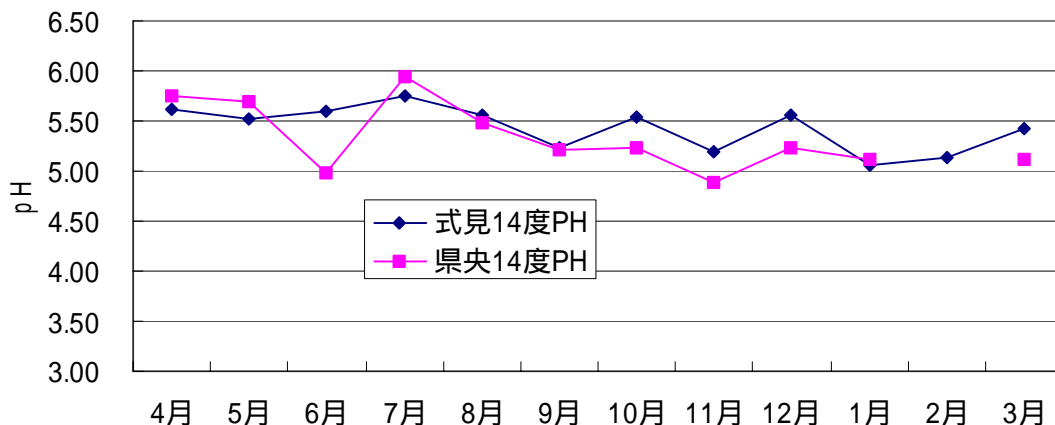


図2 平成14年度pHの経月変化

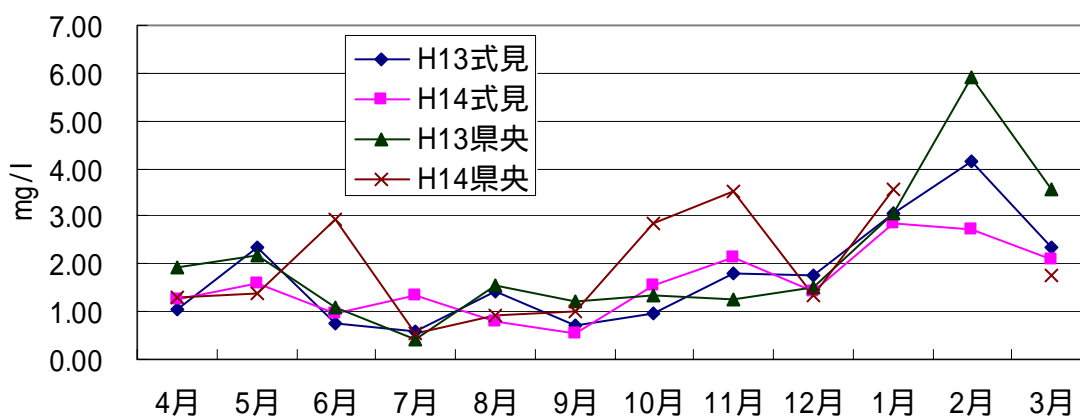


図3 nss-SO₄²⁻濃度の経月変化

まとめ

- (1) 平成14年度における酸性雨の出現頻度は90%以上であり、12年度のような黄砂の影響は認められなかった。
- (2) pHの平均値は式見で4.73、県央保健所で4.86であり、両測定地点で若干の差がみられたものの、いずれも全国の平均値(4.40~5.50)の範囲内であった。
- (3) pH4.00以下の強酸性雨の出現頻度は、式見の方が県央保健所に比べ高くなっていた。
- (4) トータルSO₄²⁻及びトータルCa²⁺濃度に占める海塩以外の発生源に起因するものの割合は、都市部である県央保健所のほうが式見に比べ高い値であった。また、13年度に比べ両測定地点ともに低くなっていた。

参考文献

- 1) 吉村 賢一郎, 他: 酸性雨調査(第1報), 長崎県衛生公害研究所報, 25, 91~96(1983)
- 2) 吉村 賢一郎, 他: 酸性雨調査(第2報), 長崎県衛生公害研究所報, 26, 130~134(1984)
- 3) 吉村 賢一郎, 他: 酸性雨調査(第3報), 長崎県衛生公害研究所報, 27, 29~36(1985)
- 4) 吉村 賢一郎, 他: 酸性雨調査(第4報), 長崎県衛生公害研究所報, 28, 15~24(1986)
- 5) 釜谷 剛, 他: 長崎県における酸性雨調査(1999年度), 長崎県衛生公害研究所報, 45, 37~39(1999)
- 6) 釜谷 剛, 他: 長崎県における酸性雨調査(2000年度), 長崎県衛生公害研究所報, 46, 32~36(2000)
- 7) 山口 顕徳, 他: 長崎県における酸性雨調査(2001年度), 長崎県衛生公害研究所報, 47, 41~46(2001)

表 4 イオン成分年平均値

調査地点	年度	単位:mg/l												
		年降水量 (mm)	pH	SO ₄ ²⁻ (a)	nss-SO ₄ ²⁻ (b)	b/a*100 (%)	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	NH ₄ ⁺	Ca ²⁺ (c)	nss-Ca ²⁺ (d)	d/c*100 (%)	Na ⁺	H ⁺
式見	H13	1749	4.79	1.49	1.26	85	0.69	1.61	0.17	0.18	0.15	83	0.92	0.016
	H14	1740	4.73	1.86	1.48	80	0.84	2.54	0.29	0.21	0.16	76	1.52	0.018
県央保健所	H13	1681	4.80	1.56	1.44	92	0.77	0.92	0.25	0.20	0.19	95	0.48	0.016
	H14	1246	4.86	1.61	1.43	89	0.82	1.21	0.38	0.16	0.13	81	0.71	0.014

表 5 イオン成分月平均値

調査地点	年度	項目	単位:mg/l												年平均値
			4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	
式見	H13	SO ₄ ²⁻	1.13	2.39	0.96	0.72	1.51	0.76	1.08	2.23	2.31	4.36	4.83	2.87	1.49
		nss-SO ₄ ²⁻	1.05	2.36	0.77	0.58	1.42	0.72	0.97	1.81	1.77	3.06	4.15	2.35	1.26
		NO ₃ ⁻	0.46	0.74	0.65	0.37	0.74	0.31	0.35	1.02	1.25	1.86	2.14	1.36	0.69
		Cl ⁻	0.60	0.30	1.28	0.97	0.68	0.28	0.70	2.70	3.49	10.00	4.38	3.38	1.61
		NH ₄ ⁺	0.08	0.26	0.07	0.05	0.21	0.11	0.11	0.29	0.28	0.39	0.63	0.44	0.17
		Ca ²⁺	0.27	0.17	0.13	0.09	0.07	0.04	0.06	0.20	0.20	0.53	0.84	0.70	0.18
		nss-Ca ²⁺	0.25	0.17	0.10	0.07	0.06	0.04	0.05	0.14	0.12	0.33	0.74	0.63	0.15
		Na ⁺	0.32	0.10	0.75	0.57	0.36	0.14	0.45	1.65	2.15	5.18	2.72	2.04	0.92
		H ⁺	0.007	0.023	0.013	0.005	0.025	0.012	0.013	0.026	0.030	0.044	0.041	0.020	0.016
	月降水量(mm)	105	67	248	323	169	235	229	77	70	75	42	111	1749	
	H14	SO ₄ ²⁻	1.56	1.71	1.05	1.71	1.41	0.72	1.69	3.11	1.67	4.11	3.15	2.29	1.86
		nss-SO ₄ ²⁻	1.27	1.61	0.97	1.36	0.80	0.55	1.54	2.13	1.43	2.84	2.74	2.08	1.48
		NO ₃ ⁻	0.91	0.84	0.54	0.79	0.40	0.26	0.78	1.24	0.86	1.60	1.58	1.09	0.84
		Cl ⁻	1.88	0.74	0.57	2.24	4.10	1.07	0.99	6.86	1.34	8.63	2.61	1.33	2.54
		NH ₄ ⁺	0.32	0.32	0.20	0.36	0.16	0.08	0.29	0.28	0.20	0.41	0.60	0.37	0.29
		Ca ²⁺	0.33	0.12	0.08	0.15	0.17	0.07	0.14	0.42	0.17	0.42	0.34	0.30	0.21
nss-Ca ²⁺		0.28	0.10	0.07	0.09	0.07	0.05	0.12	0.27	0.13	0.23	0.28	0.27	0.16	
Na ⁺		1.16	0.43	0.35	1.40	2.43	0.65	0.58	3.91	0.94	5.08	1.62	0.81	1.52	
H ⁺		0.012	0.019	0.012	0.014	0.010	0.006	0.017	0.029	0.024	0.042	0.037	0.028	0.018	
月降水量(mm)	217	207	137	204	229	106	132	134	83	91	51	150	1740		
県央保健所	H13	SO ₄ ²⁻	2.04	2.22	1.25	0.48	1.61	1.24	1.44	1.39	1.83	3.55	7.36	3.82	1.56
		nss-SO ₄ ²⁻	1.91	2.18	1.11	0.43	1.56	1.20	1.34	1.27	1.51	3.05	5.93	3.57	1.44
		NO ₃ ⁻	1.01	1.22	0.81	0.29	0.71	0.48	0.45	0.91	0.99	1.95	3.29	2.05	0.77
		Cl ⁻	1.12	0.43	1.05	0.41	0.40	0.40	0.83	0.83	2.18	3.65	8.48	1.69	0.92
		NH ₄ ⁺	0.34	0.37	0.10	0.13	0.25	0.18	0.19	0.30	0.33	0.67	0.73	0.76	0.25
		Ca ²⁺	0.75	0.40	0.16	0.06	0.10	0.13	0.07	0.10	0.20	0.35	2.42	0.28	0.20
		nss-Ca ²⁺	0.73	0.39	0.14	0.05	0.10	0.12	0.06	0.08	0.15	0.27	2.20	0.24	0.19
		Na ⁺	0.55	0.16	0.54	0.19	0.18	0.15	0.39	0.46	1.29	2.00	5.73	0.97	0.48
		H ⁺	0.002	0.017	0.013	0.006	0.022	0.016	0.024	0.022	0.020	0.037	0.0002	0.032	0.016
	月降水量(mm)	90	98	240	367	227	186	236	35	43	42	26	92	1681	
	H14	SO ₄ ²⁻	1.43	1.44	3.01	0.68	1.12	1.41	3.05	4.56	1.47	4.28		2.08	1.61
		nss-SO ₄ ²⁻	1.28	1.37	2.92	0.55	0.92	1.02	2.87	3.53	1.33	3.58		1.76	1.43
		NO ₃ ⁻	0.90	0.81	1.30	0.39	0.73	0.49	1.47	2.18	0.67	2.02		0.96	0.82
		Cl ⁻	1.03	0.45	0.87	0.85	1.31	2.56	1.29	7.09	0.82	4.27		1.95	1.21
		NH ₄ ⁺	0.39	0.40	0.84	0.18	0.21	0.19	0.64	0.66	0.23	0.69		0.41	0.38
		Ca ²⁺	0.26	0.11	0.17	0.07	0.14	0.13	0.27	0.74	0.19	0.48		0.21	0.16
		nss-Ca ²⁺	0.24	0.10	0.15	0.05	0.11	0.07	0.24	0.58	0.17	0.37		0.16	0.13
		Na ⁺	0.59	0.26	0.38	0.51	0.80	1.56	0.73	4.11	0.55	2.81		1.27	0.71
H ⁺		0.009	0.013	0.032	0.004	0.012	0.012	0.031	0.037	0.014	0.025		0.013	0.014	
月降水量(mm)	183	259	158	283	100	144	68	27	10	4		12	1246		

14年度県央保健所2月のデータは機器故障のため欠測

表 6 イオン成分年沈着量

調査地点	年度	単位:mg/m ² /年									
		年降水量 (mm)	SO ₄ ²⁻	nss-SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	NH ₄ ⁺	Ca ²⁺	nss-Ca ²⁺	Na ⁺	H ⁺
式見	H13	1749	2611	2206	1202	2820	290	322	261	1615	28.6
	H14	1740	3241	2576	1455	4430	498	372	272	2647	32.2
県央保健所	H13	1681	2628	2424	1297	1552	418	343	312	814	26.9
	H14	1246	2006	1785	1019	1511	478	199	165	879	17.3

表 7 イオン成分月別沈着量

調査地点	年度	項目	単位:mg/m ² /月												年沈着量
			4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	
式見	H13	SO ₄ ²⁻	118	159	238	233	255	178	247	170	161	329	204	318	2611
		nss-SO ₄ ²⁻	110	158	191	187	240	170	222	139	123	231	176	261	2206
		NO ₃ ⁻	48	50	161	119	125	72	80	78	87	141	90	151	1202
		Cl ⁻	63	20	317	314	115	65	161	207	244	754	185	375	2820
		NH ₄ ⁺	9	18	18	15	36	25	25	22	20	30	27	48	290
		Ca ²⁺	28	11	33	30	13	10	15	16	14	40	36	78	322
		nss-Ca ²⁺	27	11	26	23	10	9	11	11	8	25	31	69	261
		Na ⁺	33	7	137	183	61	33	102	126	150	390	115	226	1615
	H ⁺	0.72	1.51	3.31	1.61	4.18	2.93	3.01	1.99	2.07	3.29	1.73	2.25	28.6	
	月降水量(mm)	105	67	248	323	169	235	229	77	70	75	42	111	1749	
	H14	SO ₄ ²⁻	338	355	144	349	323	76	223	417	138	375	160	342	3241
		nss-SO ₄ ²⁻	275	333	132	277	183	59	204	285	119	259	139	311	2576
		NO ₃ ⁻	196	174	74	161	91	28	103	167	71	146	80	163	1455
		Cl ⁻	407	154	78	458	940	114	131	920	111	787	132	199	4430
		NH ₄ ⁺	69	67	28	73	36	9	39	37	17	37	30	56	498
		Ca ²⁺	71	25	11	30	38	8	18	57	14	39	17	44	372
nss-Ca ²⁺		61	22	9	19	17	5	15	37	11	21	14	40	272	
Na ⁺		252	89	47	287	557	69	76	525	78	464	82	122	2647	
H ⁺	2.66	4.02	1.61	2.93	2.23	0.68	2.24	3.86	2.03	3.80	1.87	4.26	32.2		
月降水量(mm)	217	207	137	204	229	106	132	134	83	91	51	150	1740		
県央保健所	H13	SO ₄ ²⁻	183	218	300	176	365	231	338	49	79	149	188	353	2628
		nss-SO ₄ ²⁻	171	214	267	158	355	224	316	45	65	128	151	330	2424
		NO ₃ ⁻	91	119	195	105	161	90	106	32	43	82	84	190	1297
		Cl ⁻	101	42	252	149	91	74	195	29	94	153	216	156	1552
		NH ₄ ⁺	31	36	24	49	56	34	45	10	14	28	18	70	418
		Ca ²⁺	67	39	37	22	24	23	17	3	9	15	62	26	343
		nss-Ca ²⁺	65	38	32	19	22	22	13	3	7	12	56	22	312
		Na ⁺	49	16	130	69	40	28	91	16	55	84	146	89	814
	H ⁺	0.15	1.70	3.04	2.10	4.98	2.98	5.77	0.78	0.87	1.56	0.004	2.95	26.9	
	月降水量(mm)	90	98	240	367	227	186	236	35	43	42	26	92	1681	
	H14	SO ₄ ²⁻	263	368	477	193	112	204	207	124	14	18	24	2006	
		nss-SO ₄ ²⁻	236	352	462	157	92	148	195	96	13	15	21	1785	
		NO ₃ ⁻	165	207	205	112	73	71	100	59	6	9	11	1019	
		Cl ⁻	189	116	138	240	131	369	88	193	8	18	23	1511	
		NH ₄ ⁺	72	101	133	52	21	28	43	18	2	3	5	478	
		Ca ²⁺	47	28	27	20	14	19	18	20	2	2	2	199	
nss-Ca ²⁺		43	25	24	14	11	10	16	16	2	2	2	165		
Na ⁺		109	66	60	145	80	225	50	112	5	12	15	879		
H ⁺	1.61	3.21	5.02	1.08	1.17	1.74	2.07	1.01	0.14	0.11	0.15	17.3			
月降水量(mm)	183	259	158	283	100	144	68	27	10	4	12	1246			

14年度県央保健所2月のデータは機器故障のため欠測